Vom Werden und Wachsen der Fernsehtechnik

Glücklich erlebte Jahre in der Fernsehentwicklung

Von Professor Dr. *Fritz Schröter*, Ulm

Was wir beim bewegten Rundfunkbild „Fernsehen" nennen, umfaßt nur die einstweilen kulturell und politisch bedeutsamste industrielle Nutzung der Forschungsergebnisse, die es ermöglichen, unseren Augen beliebige Gesichtsfelder über die Schranken der Entfernung oder der visuellen Abschirmung hinweg durch die elektronische Kamera bildgetreu nahezubringen. Welche Vielheit und Mannigfaltigkeit zu lösender Aufgaben anderer Art und Bestimmung der elektronischen Bildübertragung dereinst erwachsen werden, um der neuen Technik jene Vollständigkeit und Anwendungsreife zu geben, wie sie heutzutage die Elektrizität als solche im Dienste der Menschheit besitzt, hat dazumal niemand geahnt, als ich begann, mich der Entwicklung des Rundfunkfernsehens zu widmen. Halbleiter-Bauelemente, Maser, Laser, Elektrolumineszenz, Millimeterwellen, Richtfunk-, Scatter-, Satellitenstrecken usw. waren zu jener Zeit nicht vorhandene Errungenschaften. Wie sähe die heutige Fernsehtechnik, physikalisch betrachtet, aus, hätten wir am Beginn ihrer Entwicklung jene modernen Mittel besessen? Ihre derzeitigen oder morgigen Besitzer mögen geringschätzig von dem sprechen, was wir in jener oft als „fossil" bezeichneten Aera gekonnt haben. Uns genügt zu wissen, daß wir stets unser Bestes hergaben, daß aber eben jede physikalisch-technische Pionierleistung, so wie in der Politik, immer nur die Kunst des momentan Möglichen ist.

Fernsehen ist seiner komplexen Natur nach „Teamwork". Ich hatte das Glück, dafür eine Reihe hochbegabter, ideenreicher und charaktervoller Mitarbeiter um mich versammeln zu können. Ich gedenke hier ihrer aller mit Dank, dem sich Trauer hinzugesellt, soweit sie nicht mehr am Leben sind.

Als ich nach einer mehrjährigen Zeitspanne, während deren ich als Leiter der Studienabteilung von Julius Pintsch AG. in Berlin die Verwendung der seltenen Gase Neon, Helium, Argon usw. in der Elektrotechnik — Glimmlampe, Glimmlichtgleichrichter, Glimmlichtstabilisator, Kaltkathoden-Thyratron — erschließen und Grundlegendes für die heutigen Leuchtstofflampen tun konnte, 1920 einem Ruf von Telefunken gefolgt war, schien mir alsbald die Zeit reif zu sein, dort neue Gebiete der Nachrichtentechnik in Angriff zu nehmen. Mit Optik und Photoelektronik vertraut, auf einer entwicklungsfähigen Verstärkertechnik fußend und vom Fortschritt der Kurzwellenforschung überzeugt, konnte ich Graf Arco trotz der anfänglichen Skepsis seiner Vorstandskollegen eine ehrliche Begeisterung für Bildtelegraphie und Fernsehen abgewinnen. Aber den Zweiflern gegenüber bedurfte es doch eines stärkeren Arguments: auf der Grundlage der von J. Kerr 1875 entdeckten elektrostatischen Doppelbrechung polarisierten Lichtes hatte unser späterer Mitarbeiter A. Karolus einen völlig auf der Linie meiner Pläne liegenden, trägheitslos steuerbaren Lichtmodulator, das fehlende Glied der Kette, entwickelt und damit die Fachwelt überzeugt. Der Weg zum Fernsehen stand mit der Karolus-Zelle offen.

Als Verbindungsmann zwischen den Labors von Telefunken und Karolus hatte ich fortan die Verantwortung für das Ganze zu tragen. Die aufsehenerregenden Vorführungen, die Karolus damals, von 1925 ab, mit seiner Zelle

und mit Nipkow-Scheiben, später mit Spiegelrädern an deren Stelle machte, gaben der Sache des Fernsehens trotz aller anfänglichen Primitivität den entscheidenden Auftrieb bei prominentesten Vertretern von Behörde und Industrie. Das erste, 48zeilige Bild des Karolus-Labors, hergestellt mittels zweier auf derselben Antriebswelle sitzender Nipkow-Scheiben, Photozelle und Kerrzelle wies natürlich einen schauerlich groben „Treppeneffekt“ auf, der zu allerhand Witzen Anlaß gab, und doch war Graf Arco davon so überwältigt, daß er nur ein Wort sagen konnte: „Donnerwetter.“

Welch ein Fortschritt wird offenbar, wenn wir heutzutage ein 625-zeiliges Farbfernsehbild nach dem PAL-Verfahren von W. Bruch betrachten! Aber damals lag es so: Das Eis war gebrochen, das Fernsehen der klassischen, mechanisch-optischen Aera konnte sich bald zu höheren Zeilenzahlen und besseren Bildern entwickeln. Die Geschichte der Technik verzeichnet diesen Verlauf. Auch nach dem Sieg der Braunschen Röhre als Wiedergabeorgan haben die Lochscheiben und Spiegelräder auf der Senderseite noch jahrelang weitergelebt, und ihre Entwicklung hat zu den wunderbaren Präzisionsgeräten der Mehrfach-Lochscheiben-Abtaster und des Linsenkranz-Filmabtasters von E. Mechau geführt. Das Prinzip dieses Abtasters geht eigentlich schon aus dem Patent von P. Nipkow vom Jahre 1884 hervor. Trotzdem hat der Erfinder die geniale Verwirklichung seiner Ideen durch Mechau, vor allem die im Vakuum geräuschlos rotierenden Mikroskopobjektive, als „überflüssige Komplikation“ abgelehnt. Nicht nur der große Lichtgewinn erschien ihm als spitzfindig, sondern mehr noch die von Mechau erdachte und berechnete Optik zur Überführung der Kreisbahn der Brennpunkte in eine mit konstanter Geschwindigkeit auf der Filmebene durchlaufene Gerade. Und doch ist eben dies neben der hervorragend durchdachten Meß- und Justiertechnik für den Linsenkranz von Mechau große Leistung gewesen. Mir selbst war es hauptsächlich um den Lichtstromgewinn für die Photozelle zu tun, und als unser optisches Versuchsmodell den erwarteten Verstärkungswert lieferte, waren wir beide sehr glücklich. Alles praktisch Entscheidende hat *er* dann hinzuerfunden oder seinen Mitarbeitern inspiriert, und die Verleihung der Goldenen Medaille der Pariser Weltausstellung 1937 hat er sicherlich voll verdient. Er hat auch als erster mit einem dazu umgebauten Linsenkranz 1934 auf der Berliner Funkausstellung den überraschenden Effekt des Zeilensprungverfahrens, die endlich erreichte Flimmerfreiheit des Leuchtschirmbildes, öffentlich demonstriert.

Wir sind heute so stolz auf unser rein elektronisches Fernsehen, dessen Prinzip Campbell Swinton schon 1908 beschrieben hatte. Und wir sehen, trotz der jüngsten Warnung durch den Laser-Spiegelradabtaster von Perkin Elmer, so selbstzufrieden herab auf das mechanisch-optische Fernsehen, jene „fossile“ Entwicklungsstufe. Wir sollten trotzdem folgendes bedenken: Zu keiner anderen Zeit dieser Aera ist das Fernsehen der deutschen Öffentlichkeit als Ergänzung des Hörfunks überzeugender nahegebracht worden, als während der Versuchs-Programmstunden der Reichspost, deren 180-zeilige Bilder von einem Linsenkranzabtaster geliefert wurden. Diese Übertragungen, auf dem Leuchtschirm der Braunschen Bildröhre betrachtet, wurden als das Beste empfunden, was die Technik bei so begrenzter Auflösung überhaupt leisten konnte. Vielleicht bin ich der einzige überlebende Zeuge, der noch das Abtastraster eines 375-zeiligen Linsenkranzes in der Versuchswerkstatt von Mechau bewundern konnte, bevor ein Fliegerangriff das

im Entstehen begriffene Gerät zerstörte. Ich behaupte, daß es trotz der geringeren Zeilenzahl durch seine strenge Geometrie der Auflösung, die Konstanz der Abtastblende, die absolute Linearität beider Ablenkungen, das Fehlen von Störungen am Bildfeldrande und die Freiheit von unkontrollierbaren Reflexions- und Streueffekten elektronischer Bildgeber eine hervorragende, mit der heutigen Qualität durchaus vergleichbare Wiedergabe ermöglicht haben würde.

Die Zeitspanne von der einfachen Nipkowscheibe bis zum Linsenkranzabtaster führte mich über das Ersinnen und Probieren einer Reihe anderer Bildfeldabtaster und das Erkennen ihrer gemeinsamen, optisch bedingten Grenzen zur Folgerung, daß alle diese Mittel für den Empfang untauglich seien, wenn man plausible Anforderungen an die Auflösung, Größe und Leuchtdichte der Wiedergabe stellte. Hierfür waren die Parameter der Sehfunktion (optimaler Bildwinkel, Flimmerfrequenz, Sehschärfe) und die geometrischen Raumverhältnisse (Betrachtungsabstand, Grenzen des Einfallswinkels) in Betracht zu ziehen, außerdem natürlich die Bedingung der geräuschlosen Funktion ohne lärmende Motore.

Bei mechanischen Wiedergabegeräten, z. B. Spiegelrädern, wird eine lichtstarke Punktblende durch das Projektionsobjektiv auf dem Bildschirm fokussiert. Die Apertur dieses optischen Kanals verursacht umso mehr Verluste an Leuchtdichte, je feiner die gewünschte Auflösung und je größer die Schirmfläche ist. Bei der Lochscheibe wird aus einer gleichmäßig strahlenden Fläche nur ein umso geringerer Teil modulierten Gesamtlichtstromes entnommen, je höher der Auflösungsgrad sein soll. Demgegenüber besteht einer der grundlegenden, früher übersehenen, von mir damals durch Berechnungen und Fakten der Elektronenoptik klargelegten Vorzüge der Braunschen Bildschirmröhre darin, daß das Leuchten erst auf der unmittelbar betrachteten Wiedergabefläche entspringt und daher zwischen Lichtquelle und Auge keine Aperturverluste eintreten können. Diese Erkenntnis war neben der Lautlosigkeit des Arbeitens eines meiner Hauptargumente zugunsten der Elektronenstrahl-Bildschrift. Die Bildempfangsröhre mußte trotz ihrer damaligen technologischen Unzulänglichkeit und schwer durchschaubaren Problematik erzwungen werden!

Diese Schlußfolgerung hat bei Telefunken seit 1927 zur Einleitung der nötigen Forschungen in Elektronenoptik, Hochvakuumtechnik, Leuchtstoffchemie, Verstärker- und Impulstechnik geführt, zu einer Erfolgsperiode, in deren Geschichtstafel Namen wie M. Knoll, A. Schleede, R. Urtel, R. Andrieu und die vieler anderer Mitarbeiter von Telefunken eingeschrieben sind. Ich muß hier auch E. Brüche vom AEG-Forschungsinstitut, dem bekannten Elektronenoptiker, für Rat und Hilfe in mancherlei Form danken. Es war die glücklichste Zeit meines beruflichen Lebens. Die Mittel flossen reichlich, Schritt für Schritt kamen wir in der Technologie der Hochvakuum-Elektronenstrahlröhre, der Beherrschung ihrer Bündelungsoptik, ihrer Ablenkmittel, ihrer Leuchtstoff-Fragen voran. Auch die Physiologie des Augensehens (Flimmergesetze, Visionspersistenz) wurde herangezogen: ineinander kämmende Halbbild-Zeilenraster gestatteten, die Bildfläche innerhalb $^1/_{25}$ Sek. zweimal zu durchlaufen und unter Ausnutzung der Visionspersistenz voll auszufüllen; die scheinbare Aufleuchtfrequenz des Schirmes verdoppelte sich auf 50 Hz, das Flimmern verschwand, aber die Übertragungsfrequenz blieb unverdoppelt. Dieses sog. Zwischenzeilen- oder Zeilensprungverfahren, von

mir zuerst 1927 und nochmals 1930 unter Patentschutz gestellt, elegant durchführbar aber nur im rein elektronischen Fernsehen mittels synchron abgelenkter Elektronenbündel, bewährte sich und wurde, wie die angepaßten Leuchtstoffe von A. Schleede und B. Bartels (Zn,CdS_2[Ag...]), universell benutztes Gemeingut der Fernsehtechnik.

Es ist kein Zufall, daß M. von Ardenne, Berlin, in diesen selben Jahren eine intensive Forschung auf dem Gebiet des Elektronenstrahl-Fernsehens betrieb und u. a. als erster einen Leuchtschirmabtaster mit Empfangsbildröhre vorführte. Ich traf ihn in einer Vortragssitzung der Physikalischen Gesellschaft und regte an, er möge mit seiner großen Erfahrung auf dem Gebiet des Kathodenoszillographen dazu beitragen, der noch immer sehr verkannten Braunschen Röhre zum Durchbruch zu verhelfen. Er demonstrierte bald danach vor dem gleichen Forum die auf einem Röhrenschirm aus grün leuchtendem Zinksulfid erzielbare hohe Lichtintensität und Schärfe eines rechteckigen Zeilenrasters, wenn auch ohne Bildmodulation, und hat damit meiner Sache einen guten Dienst erwiesen.

Als 1935 die Entwicklung der Bildschirm-Wiedergaberöhre und des Fernsehempfängers im Prinzip abgeschlossen, die Sendung aber immer noch auf mechanisch-optische Abtaster angewiesen war, trat V. K. Zworykin mit seinem Ikonoskop, dem bisher fehlenden Schlußstein des vollelektronischen Fernsehens in Gestalt der lichtspeichernden Bildaufnahmeröhre der Reportagekamera, auf den Plan. In Begleitung von R. Urtel sah ich es anfangs 1935 bei der RCA. Wir waren im Rückstand, doch schon während dieser Reise konnte ich Urtel das Schema des etwa 10-fach empfindlicheren Superikonoskops auseinandersetzen, dessen Realisierbarkeit B. Bartels binnen 14 Tagen nach unserer Heimkehr zu meiner großen Freude durch einen genial angelegten Versuch bewies. Die Schlappe schien ausgewetzt.

General D. Sarnoff, Präsident der RCA, hatte mir zugesagt, Telefunken im Austausch gegen unsere überlegenen Leuchtstoffe ein Ikonoskop herüberzuschicken. Er hielt Wort. H. Knoblauch und H. Kluge lernten schnell, diese Röhre nachzubauen, und Urtels Arbeitsteam entwickelte in einem begeisternden Tempo die erforderliche Schaltungs- und Kameratechnik. So konnten wir das Funktionieren des Ikonoskops ein paar Wochen vor der nächstfälligen Berliner Funkausstellung dem damaligen Reichspostminister zeigen. Er war des Lobes voll, gab aber seine Einwilligung zur öffentlichen Demonstration erst 1936, immerhin früh genug, um bei der Berliner Olympiade unter Leitung von W. Bruch und W. Federmann die von Mechau konstruierte Ikonoskopkamera mit Riesen-Teleobjektiv auf dem Kampffeld einsetzen zu können. Die Bilder wurden auf UKW vom Funkturm ausgestrahlt.

Meine seit 1926 propagierte Auffassung des Fernsehens als optischer Rundfunk und Massenmedium beruhte, physikalisch einleuchtend, auf der Vorstellung in den Nutzraum hinein gebündelter Ausstrahlung der „quasioptischen“ ultrakurzen und Mikrowellen. Mit diesem Ausdruck wollte ich nicht, wie manchmal irrtümlich gedacht, eine spezifische Eigentümlichkeit dieser Wellenlängen hervorheben, sondern nur anschaulich machen, daß man mit ihnen umzugehen habe wie mit Lichtstrahlen. Fernsehtürme, Richtfunk-, Scatter- und Satelliten-Übertragungsstrecken machen von der Möglichkeit relativ bequemer Bündelung der quasioptischen Wellen universell Gebrauch. Aber der erdnahe freie Raum ist in unserer zunehmend

industrialisierten Sphäre kein ideales Übertragungsmedium, und deshalb sind Fernsehtürme und Richtfunkstrecken nur Vorläufer einer späteren Leitungstechnik mit digitalen Zeichen, sehr kurzen Mikrowellen und dielektrischen oder äquivalenten Wellenleitern.

Auf der letzten Funkausstellung, dicht vor dem Ausbruch des Großen Weltkrieges, war der gemeinsam von Industrie und Behörde geschaffene deutsche Einheits-Fernsehempfänger mit Rechteckbildröhre erschienen. Und nun kam im Waffenlärm und nach dem deutschen Zusammenbruch die große Pause der Fernsehentwicklung, bis es W. Nestels Initiative gelang, sie mit Hilfe unverzagter Mitarbeiter und gleichgesinnter Helfer wieder in Gang zu bringen und eine Blütezeit, zunächst des Schwarz-Weiß-Fernsehens, einzuleiten. Wie gut, daß diese Bemühungen sich auf den unvergleichlich hohen Stand der deutschen Vorkriegs-Fernsehtechnik stützen konnten! Sie hat unseren amerikanischen Beaufsichtigern nach dem Zusammenbruch mancherlei ehrliches Lob entlockt.

In stetigem Tempo entstanden hinfort die Gerber-Normung (leider auch die europäische Normenkonfusion), die Richtfunkstrecken, neue Bildgeberröhren, neue Erkenntnisse über die Wellenausbreitung, die Anfänge der magnetischen Programmaufzeichnung und schließlich die Morgendämmerung des Farbfernsehens in Gestalt des NTSC-Systems. Während von diesem ausgehend W. Bruch sein „Phase Alternation Line“-Verfahren durchbildete und H. de France das SECAM-System schuf, bemühte ich mich, von der amerikanischen Internierung erlöst, bei der französischen Comp. des Compteurs um die Lösung der elektrostatischen Bildspeicherung, von der mein verstorbener Freund R. Barthélemy erhoffte, die von einer *farbsequentiell* aufnehmenden Kamera ausgehenden, gespeicherten Rot-Grün-Blau-Signale nach Art des NTSC-System *simultan* übertragen zu können. Das hätte vielleicht einmal zu einer einfachen Farbaufnahmekamera führen können, besonders mit magnetischer Speicherung. Aber meine Bevorzugung der elektrostatischen Methode hing zusammen mit der Problematik der Sichtspeicherung, des Überblendungsbildes und der Frequenzbandersparnis, Zukunftsfragen, denen ich, besonders im Hinblick auf die Satelliten-Übertragungstechnik, erhebliche Bedeutung beimesse. Die nach dem Kriege im Ausland verbrachten Jahre haben mir für die gedankliche Entwicklung dieser kommenden Ära genügend Zeit gelassen. Ich sehe vertrauensvoll dem Werden und der fruchtbaren Auswirkung einer darauf begründeten neuartigen Fernsehtechnik mit grundsätzlich veränderter Methode der Bildwiedergabe — in Schwarz-Weiß wie in Farbe — entgegen.

Einstweilen braucht niemanden zu beunruhigen, was die Laser- und die Halbleitertechnik im Fernsehen künftig an Überraschungen bringen mögen. Bis Jüngere solchen sicher großen *verborgenen Reichtum* dereinst ans Licht heben, sollten wir den *offenliegenden Reichtum* nutzen, und dazu gehört derjenige, den uns PAL beschert hat. Die physiologische Fehlerkompensation in der Farbwahrnehmung, d. h. die gesteuerte Superposition eines gleichen, gegenphasigen Fehlers im Farbzyklus, bei PAL so erfolgreich eingeführt, wird ihre Fruchtbarkeit auch bei vorstellbaren einfacheren Lösungen der Farbbildröhre bewahren und so der Farbe, als Zusatzinformation, bei mancherlei Anwendung fernsehtechnischer Mittel in Forschung, Unterricht, Industrie, Nachrichten- und Verkehrswesen, einschließlich Radartechnik, Datenverarbeitung und Fernsehtelefon („Picturephone“), den Weg bahnen.